

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01B11/12 G01B11/25 G01N21/954

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01B G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 5 909 284 A (NAKAMURA TAIZO) 1 June 1999 (1999-06-01) column 3, line 28 - column 5, line 45 abstract; figures 1,2	7-10, 12-18 1-6,11
A	EP 0 362 679 A (BALL CORP) 11 April 1990 (1990-04-11) page 4, line 7 - line 32 page 5, line 19 - line 31 page 5, line 57 - page 6, line 12 page 6, line 32 - line 41 abstract; figures 2,4,8,12	1-18
A	US 5 610 710 A (CANFIELD DONALD H ET AL) 11 March 1997 (1997-03-11) column 4, line 31 - column 5, line 4 column 5, line 23 - line 30 abstract; figures 1,8	1-18

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 December 2004

Date of mailing of the international search report

22/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Passier, M

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 440 395 A (MAKITA HARUOMI) 8 August 1995 (1995-08-08) column 3, line 25 - column 4, line 50 abstract; figures 1,2 -----	1-18

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5909284	A	01-06-1999	JP 3227106 B2 JP 10300438 A DE 19818032 A1	12-11-2001 13-11-1998 29-10-1998
EP 0362679	A	11-04-1990	US 4924107 A EP 0362679 A2	08-05-1990 11-04-1990
US 5610710	A	11-03-1997	NONE	
US 5440395	A	08-08-1995	JP 6241064 A	30-08-1994

INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

ES2004/000436

A. CLASIFICACION DE LA INVENCION

CIP 7 : G01B11/12 G01B11/25 G01N21/954

Según la Clasificación Internacional de Patentes (IPC) o la clasificación nacional y la IPC

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BUSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

CIP 7 : G01B G01N

Otra documentación consultada además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Base de datos electrónica consultada durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, cuando sea aplicable, términos de búsqueda utilizados)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS PERTINENTES

Categoría*	Identificación del documento, con indicación, cuando sea adecuado, de los pasajes pertinentes	N° de las reivindicaciones pertinentes
X A A A	<p>US 5 909 284 A (NAKAMURA TAIZO) 1 Junio 1999 (1999-06-01) columna 3, línea 28 -columna 5, línea 45 resumen ; figuras 1,2</p> <p>EP 0 362 679 A (BALL CORP) 11 Abril 1990 (1990-04-11) paginas 4, línea 7 - línea 32 paginas 5, línea 19 - línea 31 paginas 5, línea 57 -paginas 6, línea 12 paginas 6, línea 32 - línea 41 resumen ; figuras 2,4,8,12</p>	<p>7-10, 12-18 1-6,11</p> <p>1-18</p>
A	<p>US 5 610 710 A (CANFIELD DONALD H ET AL) 11 Marzo 1997 (1997-03-11) columna4, línea 31 - columna 5, línea 4 columna5, línea 23 - línea 30 resumen ; figuras 1,8</p>	<p>1-18</p>

☒ En la continuación del Recuadro C se relacionan documentos adicionales.

☒ Véase el Anexo de la familia de patentes.

- * Categorías especiales de documentos citados:
- "A" documento que define el estado general de la técnica que no se considera como particularmente pertinente
- "E" documento anterior, publicado en la fecha de presentación internacional o con posterioridad a la misma
- "L" documento que puede plantear dudas sobre reivindicación(es) de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la especificada)
- "O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio
- "P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional, pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada

- "T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad y que no está en conflicto con la solicitud, pero que se cita para comprender el principio o la teoría que constituye la base de la invención
- "X" documento de particular importancia; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o no puede considerarse que implique actividad inventiva cuando se considera el documento aisladamente
- "Y" documento de especial importancia; no puede considerarse que la invención reivindicada implique actividad inventiva cuando el documento esté combinado con otro u otros documentos, cuya combinación sea evidente para un experto en la materia
- "&" documento que forma parte de la misma familia de patentes

Fecha en la que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional

16 Diciembre 2004 (16.12.04)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

22 Diciembre 2004 (22.12.04)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional

O.E.P.M

Funcionario autorizado

Facsímil N°

Teléfono N°

INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

ES2004/000436

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS PERTINENTES

Categoría*	Identificación del documento, con indicación, cuando sea adecuado, de los pasajes pertinentes	N° de las reivindicaciones pertinentes
A	<p>US 5 440 395 A (MAKITA HARUOMI) 8 Agosto 1995 (1995-08-08) columna 3, línea 25 – columna 4, línea 50 resumen ; figuras 1,2 -----</p>	1-18

INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional n°

ES2004/000436

Documento de patente citado en el informe de búsqueda		Fecha de publicación		Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
US 5909284	A	01-06-1999	JP	3227106 B2	12-11-2001
			JP	10300438 A	13-11-1998
			DE	19818032 A1	29-10-1998
EP 0362679	A	11-04-1990	US	4924107 A	08-05-1990
			EP	0362679 A2	11-04-1990
US 5610710	A	11-03-1997	ninguno		
US 5440395	A	08-08-1995	JP	6241064 A	30-08-1994

PROCEDIMIENTO DE METROLOGÍA ÓPTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE
LA TOPOGRAFÍA TRIDIMENSIONAL DE UN ORIFICIO

- 5 En particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y similares, y a un equipo de medición para llevar a cabo dicho procedimiento cuyas nuevas características proporcionan numerosas ventajas tal como se detallará en lo sucesivo en la presente memoria.
- 10 El procedimiento y el equipo objeto de la presente invención tienen particular aplicación, aunque no exclusivamente, en la medición de los orificios micrométricos de las boquillas de los cabezales de impresoras de inyección de tinta.
- 15 Las impresoras de inyección de tinta basan su funcionamiento esencialmente en la expulsión de gotas de tinta líquida a través de las boquillas de unos cabezales inyectoros. Estas pequeñas gotas impactan en el papel formando los puntos necesarios para la realización de
- 20 gráficos y textos. El cabezal de impresión incluye un circuito flexible formado por una delgada lámina que presenta una matriz de las citadas boquillas a través de las cuales sale una cantidad precisa de tinta lanzada en una dirección adecuada hacia el papel de impresión.
- 25 Uno de los principales objetivos de los procesos de control de calidad que actualmente aplican los fabricantes a las impresoras de inyección es la determinación de la configuración o topografía de los orificios de las boquillas de los cabezales a través de los
- 30 cuales sale la tinta hacia el papel. La citada lámina delgada que forma el circuito flexible del cabezal puede fabricarse en varios materiales. Uno de los materiales posibles es el denominado Kapton® de Dupont Corp., formado a base de películas flexibles de poliamida de gran
- 35 resistencia mecánica, y de excepcionales propiedades químicas y eléctricas, con una gran resistencia a

temperaturas extremas. Se contemplan, sin embargo, otros materiales, tanto dieléctricos como semiconductores.

Los orificios de la lámina presentan una geometría tridimensional troncocónica con unas dimensiones
5 muy reducidas, las cuales tienden a ser actualmente cada vez menores con el fin de ofrecer una mayor precisión y resolución en la impresión. Estas reducidas dimensiones hace necesaria una precisa colocación de los orificios en la lámina del circuito con el fin de ofrecer la calidad de
10 impresión deseada.

La citada lámina del circuito flexible que, como se ha indicado, se dispone en el cabezal de impresión, queda situada a una determinada distancia del papel (considerablemente grande en comparación con las
15 dimensiones de las boquillas de la lámina), de manera que una configuración incorrecta de algún orificio podría llegar a provocar que la trayectoria de la gota de tinta desde su salida por el orificio del cabezal inyector sea incorrecta, desviándose de su dirección ideal perpendicular al papel, distorsionando la imagen o el texto a imprimir.
20

La citada precisión requerida en combinación con las cada vez menores dimensiones del diámetro de los orificios de la lámina del cabezal (del orden de 25 micras o incluso menor) hace difícil controlar y determinar con
25 rigurosidad y precisión la calidad de los cabezales de impresión.

Han existido varios intentos por proporcionar métodos de medición de las dimensiones de los orificios de las boquillas de expulsión de la tinta de los cabezales de
30 impresoras de inyección, los cuales no se han mostrado hasta la fecha eficaces al presentar numerosos inconvenientes. Uno de ellos consiste en la utilización de perfilómetros confocales que se basan en la luz retroreflejada o retrodifundida por la superficie de la
35 muestra que se está analizando. Estos equipos consisten en un microscopio confocal de barrido de la superficie

mediante láser. Dichos equipos, denominados CLSM, proyectan un solo punto de luz focalizada en la superficie de medición utilizando un escáner que realiza un barrido de dicha superficie en un plano determinado.

5 El principal inconveniente de estos equipos reside esencialmente en el hecho de que, debido a la particular configuración tridimensional de los orificios, la cual debe ser necesariamente troncocónica y con la superficie interior ópticamente pulida para una calidad de
10 impresión óptima, presentan una elevada incertidumbre derivada principalmente de la ausencia de luz retroreflejada debido a la elevada pendiente de dicha superficie (los ángulos de incidencia son superiores a 70°) y, como se ha indicado, al hecho de que ésta es ópticamente
15 pulida, por lo que, en consecuencia, no existe prácticamente luz retroreflejada o retrodifusa lo cual no proporciona ninguna información de la posición de la superficie que se quiere medir. Además, otro inconveniente importante de los métodos de medición de estado de la
20 técnica es que son extremadamente lentos (más de 20 segundos por cada plano de enfoque) y de difícil aplicación para medir paredes inclinadas.

La presente invención propone un procedimiento de metrología óptica para la determinación de topografías
25 tridimensionales. Este procedimiento presenta particular aplicación en la medición de la superficie interior de las boquillas de salida de los cabezales de impresoras de inyección de tinta, si bien la invención no queda en absoluto limitada a este ámbito de aplicación. Se trata de
30 un sistema óptico sin contacto con el objeto a analizar basado en la luz reflejada por dicho objeto, tal como se detallará más adelante.

La invención se refiere también a un equipo para llevar a cabo el procedimiento el cual se describirá con
35 detalle en lo sucesivo y que, entre otros, incluye unos medios de iluminación y unos medios de observación que se

detallarán más adelante.

Para el procedimiento de metrología óptica para la determinación de la topografía tridimensional de un orificio, en particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y similares, de acuerdo con la presente invención, se siguen las etapas que se exponen a continuación.

En primer lugar se realiza una calibración inicial, que deberá llevarse a cabo periódicamente. Se trata de verificar que el plano imagen para los medios de iluminación del equipo coincide con el plano objeto para los medios de observación del mismo.

El objeto a analizar se dispone en la platina de un microscopio con la zona de mayor diámetro del orificio orientada hacia los citados medios de iluminación. Uno de los orificios del objeto a analizar se centra en el campo de visión de dichos medios de observación y se enfoca, mediante un procedimiento de autoenfoco utilizando iluminación extensa sobre la zona de menor diámetro del orificio a analizar. En este punto se procede a medir el diámetro del orificio así como defectos mayores tales como ausencia de orificio o una deformación de grandes dimensiones.

Después se realiza un desplazamiento axial a un plano de enfoque situado en el interior del orificio. A través de un sistema de representación de patrones, que forma parte de los medios de iluminación, se proyecta, en el plano de enfoque, una secuencia de patrones, por ejemplo patrones de configuración circular de radio determinado y creciente. Las imágenes de los patrones proyectados en el interior del orificio por el sistema de representación de patrones se observan mediante cámaras, por ejemplo del tipo CCD o del tipo CMOS, las cuales forman parte de los medios de observación. La medición de las posiciones de los puntos del contorno del orificio se lleva a cabo en el momento en el que se superponen en la cámara las imágenes del patrón

circular proyectado y de su reflexión en las paredes interiores del orificio (imagen del patrón virtual).

Este proceso se repite para un número determinado de planos en el interior del orificio y finalmente se
5 procesa la información de los contornos medidos en los distintos planos para obtener una representación geométrica tridimensional de la topografía del interior del orificio así como los parámetros característicos del orificio tales como el diámetro máximo y mínimo del mismo, inclinación de
10 la pared del orificio, desviaciones respecto a la forma nominal, posición del eje del orificio, etc.

Preferiblemente, el sistema de coordenadas es un sistema de coordenadas cilíndricas con una resolución de 360-720 puntos medidos en cada plano a lo largo del
15 contorno del orificio, si bien se comprenderá que también puede utilizarse un sistema de referencia de coordenadas cartesianas.

El procedimiento de la invención prevé la adquisición de una serie de imágenes (una para cada patrón
20 proyectado), por ejemplo entre 10 y 25, para obtener los puntos medidos del contorno del interior del orificio.

Una vez realizada la medida del contorno en un plano se modifica el plano de enfoque del orificio cambiándolo a otro plano de enfoque, por ejemplo moviendo
25 axialmente el objeto a analizar. En este plano de enfoque se repite el proceso para medir el contorno del orificio del objeto que se está analizando en un sistema de coordenadas adquiriendo una serie de imágenes con el fin de obtener los puntos medidos del contorno del citado orificio
30 a partir de las imágenes adquiridas para los distintos patrones proyectados.

La citada modificación del plano de enfoque puede llevarse a cabo, por ejemplo, desplazando el objeto hacia
35 arriba. En una realización de acuerdo con la invención, la modificación del plano de enfoque del objeto, cambiándolo a otro plano de enfoque, se repite tantas veces como sea

necesario para obtener valores en otros tantos planos distintos de la boquilla, con una distancia preferida entre planos de enfoque de entre 1 y 10 μm .

Los parámetros para caracterizar la topografía del orificio (diámetro máximo y mínimo del orificio, inclinación de la pared del orificio, desviaciones de forma, posición e inclinación del eje, etc.) se obtienen procesando convenientemente los resultados de las medidas (contornos en diferentes planos de enfoque) que pueden ser círculos, o bien elipses en el caso de desviación del eje del orificio respecto al eje óptico del sistema de medida. Esto se lleva a cabo a través de medios de procesamiento informático utilizando los correspondientes algoritmos mediante los cuales se obtiene un conjunto de valores correspondientes a los citados parámetros.

El equipo objeto de la invención está adaptado para llevar a cabo el procedimiento que se ha descrito anteriormente. El procedimiento permite determinar con una extraordinaria precisión la topografía tridimensional de orificios micrométricos troncocónicos de superficie interior ópticamente pulida.

El equipo de la invención utilizado para llevar a cabo el citado procedimiento de medición está formado básicamente por unos medios de iluminación, unos medios de observación y unos medios de procesamiento informático.

Los medios de iluminación del equipo de la invención comprenden un objetivo de microscopio, una fuente de luz, un sistema de representación de patrones, un sistema óptico y, en caso de ser necesario, un espejo que puede estar adaptado para desviar la luz un ángulo de, por ejemplo, 90°, si bien podrán utilizarse otras inclinaciones del espejo dependiendo de la configuración espacial del equipo de la invención.

Los medios de observación del equipo comprenden un objetivo de microscopio, un sistema óptico, y por lo menos una cámara de tipo CCD o CMOS.

Dichos medios de procesamiento informático comprenden un ordenador y el software apropiado que incluye los algoritmos necesarios para la reconstrucción tridimensional del objeto que se analiza tras la aplicación del procedimiento de la invención. El citado software calcula los puntos para construir la topografía interior del orificio, presenta, además, la interfaz del usuario (selección del número de puntos, etc.) y controla los diversos elementos del equipo, tales como etapas de desplazamiento motorizadas, etc.)

El objetivo asociado a los medios de iluminación es un objetivo 100X SLWD (distancia de trabajo súper larga), mientras que el objetivo asociado a los medios de observación es un objetivo 50X SLWD (distancia de trabajo súper larga), para una cámara CCD con un formado de 1/3 de pulgada. El aumento de los citados objetivos podrá variar en función del formato de la cámara CCD y de las características del orificio que se va a analizar.

Un ordenador controla el sistema de representación de patrones. Este ordenador forma parte de los medios de procesamiento informático y permite visualizar una iluminación de campo extensa y también generar patrones, por ejemplo de configuración circular de distintos diámetros. Los patrones son proyectados por medio de los citados objetivos y sistemas ópticos en la zona interior del orificio del cuerpo a analizar.

De acuerdo con una realización, el citado sistema de representación de patrones es un microvisualizador de cristal líquido (LCD), si bien se contempla la posibilidad de que dicho sistema de representación de patrones sea un microvisualizador de cristal líquido sobre silicio (LCOS) con un divisor de haz de luz asociado que proporcionan una mayor calidad de visualización al no generar en la imagen del patrón proyectado zonas oscuras provocadas por la electrónica incluida en cada píxel en el caso de los microvisualizadores de cristal líquido.

La fuente de iluminación emite luz con un espectro de banda ancha, pudiendo utilizarse tanto leds como una fuente de luz blanca. Alternativamente, podría utilizarse un sistema de iluminación con láser y un escáner
5 para generar el patrón en el interior del orificio.

El equipo y el procedimiento que lleva a cabo dicho equipo de acuerdo con la presente invención no queda limitado a la medición de orificios de configuración troncocónica. Así por ejemplo, es posible determinar la
10 topografía de orificios con una configuración parcialmente troncocónica que presente, además, una estructura en la zona de mayor diámetro del orificio, como por ejemplo un rebaje prismático. La determinación de esta topografía se realiza incluyendo una cámara adicional en el equipo, por
15 ejemplo de tipo CCD.

Las características y las ventajas del procedimiento y el equipo objeto de la presente invención resultarán más claras a partir de la descripción detallada de tres realizaciones preferidas que se darán, de aquí en
20 adelante, a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura n° 1 es una representación esquemática de una primera realización de un equipo de metrología óptica para la determinación de la topografía
25 tridimensional de un orificio de acuerdo con la invención, en particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y similares de circuitos flexibles de los cabezales de impresoras de inyección de tinta;

La figura n° 2 es una representación esquemática de una segunda realización de un equipo de metrología óptica de acuerdo con la invención;
30

La figura n° 3 es una representación esquemática de una tercera realización de la invención;

Las figuras n° 4 y 5 son vistas en sección
35 parcial transversal de dos ejemplos de la variedad de topografías posibles que puede medir el equipo con el

procedimiento de la invención;

La figura nº 6 es un dibujo esquemático que ilustra conceptualmente el procedimiento de la invención en una situación en la que la totalidad del haz incidente se propaga a través del orificio sin experimentar ninguna reflexión en la superficie interior del mismo.

La figura nº 7 es un dibujo esquemático similar al de la figura nº 6 en el que, debido al mayor valor del radio del patrón proyectado en el plano de enfoque, una parte del haz incidente se propaga directamente a través del orificio y otra parte se refleja en la superficie interior del mismo, dando lugar a dos imágenes del patrón en el plano de la cámara.

La figura nº 8 es un dibujo esquemático similar a los de las figuras nº 6 y 7 anteriores en el que el radio del patrón proyectado en el plano de enfoque coincide con el radio del contorno del interior del orificio en dicho plano, dando lugar a una única imagen del patrón en el plano de la cámara.

La figura nº 9 es un dibujo esquemático similar a los de las figuras 6, 7 y 8 anteriores en el que el radio del patrón proyectado en el plano de enfoque es mayor que el radio del contorno del interior del orificio analizado en dicho plano, dando lugar también a una única imagen del patrón en el plano de la cámara.

La figura nº 10 es una gráfica que ilustra, para una serie de imágenes, el valor del radio del patrón circular proyectado en el plano de enfoque y también el radio del patrón circular virtual asociado a la parte del haz incidente que se refleja en la superficie interior del orificio.

Se relacionan a continuación las distintas referencias que se han utilizado para describir las realizaciones preferidas del equipo de la presente invención:

(1) medios de iluminación;

10

- (2) medios de observación;
- (3) medios de procesamiento informático;
- (4) objetivo de microscopio asociado a los medios de iluminación;
- 5 (5) fuente de luz;
- (6) sistema de representación de patrones de cristal líquido (LCD) situado en la posición del diafragma de campo de los medios de iluminación;
- (7) espejo;
- 10 (8) sistema óptico asociado a los medios de iluminación;
- (9) objetivo de microscopio asociado a los medios de observación;
- (10) sistema óptico asociado a los medios de observación;
- 15 (11) cámara CCD;
- (12) ordenador;
- (13) boquilla;
- (13a) boquilla;
- 20 (14) lámina de circuito flexible;
- (14a) lámina de circuito flexible;
- (15) platina de microscopio;
- (16) sistema de representación de patrones (LCOS);
- 25 (17, 17') divisores de haz;
- (18) cámara CCD;
- (19) rebaje de la boquilla;
- (r₀) radio de la boquilla en el plano de enfoque;
- (P) patrón circular de luz proyectado en el plano de enfoque por los medios de iluminación;
- 30 (O) puntos extremos de la sección del patrón de luz;
- (r) radio del patrón de luz circular proyectado en el plano de enfoque;
- 35 (I) imagen del patrón en el plano de la cámara formada por la parte del haz de luz que se

propaga directamente a través de la boquilla;

(R) radio de la imagen del patrón en el plano de la cámara CCD;

5 (O') puntos extremos de la sección del patrón de luz virtual;

(r') radio del patrón de luz virtual en el plano de enfoque;

10 (I') imagen del patrón virtual en el plano de la cámara formada por la parte del haz de luz que se refleja en la superficie interior de la boquilla;

(R') radio de la imagen del patrón virtual en el plano de la cámara CCD;

(A, B) puntos extremos que determinan el radio de la boquilla en el plano de enfoque;

15 (B) centro del patrón circular proyectado en el plano de enfoque;

(B') centro de las imágenes del patrón en el plano en la cámara;

(z_i) planos de enfoque; y

20 (S) punto de intersección.

Con referencia a la realización de la figura n° 1, se aprecia de manera esquemática un primer ejemplo de un equipo de medición formado por medios de iluminación (1), medios de observación (2) y medios de procesamiento
25 informático (3).

Los medios de iluminación (1) están formados por un objetivo (4) de gran aumento (100X SLWD (distancia de trabajo súper larga)), una fuente de luz blanca (5), un sistema de representación de patrones (6) situado en la
30 posición del diafragma de campo, un espejo (7), que en la realización de ejemplo que se ilustra desvía 90° el haz de luz, y un sistema óptico (8).

Los medios de observación (2) comprenden un objetivo de microscopio (9) de aumento 50X SLWD (distancia de trabajo súper larga)), un sistema óptico (10) y una
35 cámara CCD (11), que alternativamente puede ser de tipo

CMOS.

Los medios de procesamiento informático (3) comprenden un ordenador (12) que gestiona el software apropiado con los algoritmos necesarios para la medida de los contornos en distintos planos y la reconstrucción tridimensional de la boquilla troncocónica (13) del objeto a analizar (14) tras la aplicación del procedimiento de la invención. La configuración de la boquilla (13) puede apreciarse en la vista en sección parcial de la figura nº 4 de los dibujos que se adjuntan en la presente memoria.

En el ejemplo ilustrado en la citada figura nº 1, el objeto a analizar (14) es un circuito flexible de los que se disponen en los cabezales de las impresoras de inyección de tinta, que incluye una pluralidad de orificios o boquillas (13) de tamaño muy reducido. A modo de ejemplo, puede analizarse una lámina (14) de 50 μm de espesor con boquillas (13) que presentan una inclinación de pared de 17° y un diámetro de salida de unos 25 μm para expulsar microgotas de tinta.

El sistema de representación de patrones de cristal líquido (6) está controlado por el citado ordenador (12) de los medios de procesamiento informático (3) y permite realizar tanto una iluminación de campo extensa (con el sistema de representación de patrones (6) totalmente abierto) como patrones de configuración circular de distintos diámetros. Estos patrones se proyectan en la zona interior de la boquilla (13) por medio del sistema óptico (8) y el objetivo de microscopio (4).

De acuerdo con el procedimiento de la invención, el objeto a analizar (14), es decir, la lámina plana flexible dotada de una pluralidad de boquillas troncocónicas (13), se dispone horizontalmente fija en la base de la platina de microscopio (15) con la zona ancha de las boquillas (14) orientada hacia los medios de iluminación.

Los medios de iluminación (1) y los medios de

observación (2) del equipo de medición se ajustan y calibran de manera que el plano imagen para los medios de iluminación (1) coincida con en el plano objeto para los medios de observación (2).

5 Tras colocar y fijar la lámina flexible (14) que se va a analizar en la platina de microscopio (15), se llevan a cabo una serie de etapas, de acuerdo con el procedimiento objeto de la presente invención, las cuales se detallan a continuación.

10 Con la iluminación de campo extensa (esto es, con el sistema de representación de patrones (6) completamente abierto), el equipo centra una de las boquillas (13) en el campo de visión y enfoca en el plano z_1 correspondiente a la salida estrecha de la misma. Esta etapa puede utilizarse
15 para comprobar defectos grandes (tales como ausencia de boquillas (13)) y para obtener una medición rápida de la forma y el diámetro de la salida estrecha de la boquilla (13) de la lámina (14).

 El equipo mueve la lámina (14) que se está
20 analizando hacia abajo según las figuras 1 a 3 para enfocar en un plano (z_2) situado en el interior de la boquilla. En este nuevo plano (z_2) se mide la posición de los puntos del contorno de la boquilla (13), ya sea en un sistema de coordenadas cilíndricas o bien en un sistema de coordenadas
25 cartesianas. En un sistema de coordenadas cilíndricas se prefiere una resolución de 360-720 puntos medidos a lo largo del contorno de la boquilla (13), que corresponde a un muestreo angular de 1-0,5°, si bien estos parámetros pueden ser otros en función de los requerimientos de
30 análisis.

 Para obtener los puntos del contorno de la boquilla (13) el equipo de la invención adquiere una serie de imágenes (entre 10 y 25) para distintos patrones de forma circular de diferentes diámetros visualizados en el
35 sistema de representación de patrones (6) y proyectados en el citado plano (z_2) por el sistema óptico (8) y el

objetivo de microscopio (4).

Las imágenes de los patrones en el interior de la boquilla se observan mediante la cámara CCD (11).

La información contenida en estas imágenes se
5 procesa a través del ordenador (12) con los correspondientes algoritmos y se obtiene un conjunto de valores correspondientes a las citadas coordenadas. La medida de la posición de los puntos del contorno de la boquilla (13) se realiza en el momento en el que se
10 superponen las imágenes del patrón circular proyectado y de su reflexión en las paredes interiores de la misma.

El equipo mueve entonces la lámina a analizar (14) a un siguiente plano (z_3) y repite el proceso cincuenta veces para el ejemplo de la realización que se
15 describe (lámina (14) de 50 μm de espesor), es decir, el muestreo de la estructura de la boquilla (13) se realiza en cincuenta planos de enfoque o de análisis (z_1, \dots, z_{50}), con una separación entre planos ($z_i - z_{i+1}$) de 1 μm , si bien el experto en la materia comprenderá que el número de
20 planos de enfoque de muestreo podrá variar en función del espesor de la lámina (14) y de los requerimientos de los parámetros de análisis. De esta manera, el equipo adquiere, plano a plano ($z_1, \dots, z_i, \dots, z_n$), la topografía del perfil interior de la boquilla (13). A partir de dicha topografía,
25 el equipo es capaz de obtener los datos de salida requeridos para esta boquilla (13): diámetro (máximo y mínimo), inclinación de pared, desviaciones respecto a la forma nominal, posición del eje, etc.).

En la variante ilustrada en la figura nº 2 de los
30 dibujos, el equipo utiliza un sistema de representación de patrones de mayor calidad de visión. Se trata de un sistema de cristal líquido sobre silicio (LCOS) (16) asociado a un divisor de haz de luz (17) al cual le llega la luz proveniente de la fuente (5). El resto de componentes y
35 funcionamiento es esencialmente igual al de la realización de la figura nº 1.

El equipo de acuerdo con la tercera realización, la cual se ha ilustrado de manera esquemática en la figura nº 3, permite medir de boquillas (13a) de configuración troncocónica con un rebaje (19) de forma prismática, tal como se muestra en la sección transversal parcial ampliada de la figura nº 5. Este rebaje se utiliza para disponer en el mismo la electrónica necesaria para el funcionamiento del circuito flexible (14a) que se dispone en el cabezal de una impresora de inyección de tinta. Como puede apreciarse en la citada figura nº 3, el equipo incorpora también un sistema de representación de patrones de cristal líquido sobre silicio (LCOS) (16) asociado al divisor de haz de luz (17), siendo el resto de componentes y funcionamiento esencialmente igual al de la realización de la figura nº 2. Sin embargo, en esta realización el espejo (7) ha sido sustituido por otro divisor de haz (17') para permitir la observación y medida topográfica de la zona del rebaje (19) de la boquilla (13a) con una cámara adicional (18), por ejemplo de tipo CCD. Se comprenderá, sin embargo, que para la medición de esta topografía ilustrada en la figura nº 5 (u otras topografías distintas) también puede utilizarse el sistema de representación de patrones (6) de la realización de la figura nº 1.

Los conceptos básicos de la invención quedan ilustrados en las figuras esquemáticas nº 6 a 10 que se incluyen en la presente memoria.

Mediante los medios de iluminación (1) se proyecta un patrón circular (P) definido por la línea (O-O) en un plano de enfoque (z_i) situado en el interior de la boquilla (13). El haz procedente de los medios de iluminación penetra en el interior de la boquilla (13) por la zona de mayor diámetro de la misma (parte inferior de las figuras nº 6 a 9).

En el caso de la figura nº 6, el radio (r) del patrón (P) proyectado por los medios de iluminación (1) en el plano de enfoque (z_i) en el interior de la boquilla (13)

es tal que todo el haz incidente se propaga a través del orificio sin experimentar ninguna reflexión en la superficie interior del mismo. Como resultado se obtiene una imagen (I-I) del patrón (P) en el plano de la cámara
5 (11), cuyo radio (R) es igual al radio del patrón (r) multiplicado por el factor de aumento del objetivo (9) y el sistema óptico (10).

En las figuras nº 7 a 9 se ilustran situaciones en las que el radio (r) del patrón circular (P) proyectado
10 en el plano de enfoque (z_i) se va incrementando progresivamente.

En el caso de la figura nº 7, el radio (r) del patrón (P) proyectado por los medios de iluminación (1) en
15 el plano de enfoque (z_i) en el interior de la boquilla (13) es tal que una parte del haz incidente se propaga directamente a través del orificio y otra parte se refleja en la superficie interior del mismo. Como resultado, se obtienen dos imágenes (I-I) e (I'-I') en el plano de la
20 cámara (11). La imagen (I-I) de radio (R) corresponde al patrón circular real (O-O) de radio (r), mientras que la imagen (I'-I') de radio (R') corresponde al patrón virtual (O'-O') de radio (r'). Los respectivos radios (R) y (R') son iguales a los radios del patrón real (r) y del patrón
25 virtual (r') multiplicados respectivamente por el factor de aumento del objetivo (9) y el sistema óptico (10). Al aumentar el valor del radio (r) del patrón (P) se incrementará el valor del radio (R) y disminuirá el valor del radio (R').

30 En el caso de la figura nº 8, el radio (r) del patrón (P) proyectado por los medios de iluminación (1) en el plano de enfoque (z_i) en el interior de la boquilla (13) es tal que coincide con el radio del contorno de la boquilla (r_0). Como resultado, las dos imágenes (I-I) e
35 (I'-I') se superponen y, por lo tanto, los respectivos radios (R) y (R') son iguales.

En el caso de la figura n° 9, el radio (r) del patrón (P) proyectado por los medios de iluminación (1) en el plano de enfoque (z_1) en el interior de la boquilla (13) es mayor que el radio del contorno de la boquilla (r_0).

5 Como resultado, la totalidad del haz incidente se refleja en la superficie interior de la boquilla (13) y solamente se observa en el plano de la cámara (11) una única imagen ($I'-I'$) de radio (R') correspondiente al patrón virtual de radio (r').

10 La determinación de la condición de superposición de las imágenes (I) e (I') [$(R) = (R')$] permite obtener el radio (r_0) de la boquilla (13) en el plano de enfoque (z_1) para una coordenada angular determinada, de acuerdo con la gráfica de la figura n° 10. En esta figura puede apreciarse
15 cómo al aumentar el radio (r) del patrón proyectado (P) en la serie de imágenes representadas, el radio (r') del patrón virtual disminuye hasta converger en el punto de intersección (S), cuyo valor en el eje de ordenadas corresponde al radio del orificio (r_0) en el plano de
20 enfoque para la correspondiente coordenada angular del contorno de la boquilla (13).

El procedimiento de la invención resulta extremadamente rápido, habiéndose constatado un tiempo de adquisición y procesamiento de datos cercano a 1 segundo
25 para medir el contorno de la boquilla de cada plano (z_1) y con un resultado extremadamente eficaz al lograrse una precisión extraordinaria. En pruebas realizadas se ha estimado una incertidumbre de un 2% aproximadamente, con una desviación angular de $\Delta\theta = \pm 0,5^\circ$, y una desviación en
30 el eje (z) de $\Delta z = \pm 0,1 \mu\text{m}$, para boquillas cuyas paredes interiores forman un ángulo cercano a 17° y una desviación en el eje (z) de $\Delta z = \pm 0,15 \mu\text{m}$, para boquillas cuyas paredes interiores forman un ángulo cercano a 12° .

Aunque en las figuras n° 1 a 3 se han ilustrado
35 diversas realizaciones del equipo de la invención con los medios de iluminación (1) en la parte superior de la

platina de microscopio (15) y los medios de observación (2) en la parte inferior del mismo, es evidente que la disposición de los elementos que configuran dicho equipo podrá ser otra cualquiera, por ejemplo invertida, con los
5 medios de iluminación (1) en la parte inferior y los medios de observación (2) en la parte superior de la citada platina de microscopio (15).

El procedimiento de la invención, tal como se ha descrito, se utiliza como etapa de control de calidad de
10 una línea de producción, por ejemplo de circuitos flexibles para cabezales de impresoras de inyección de tinta. Sin embargo, el procedimiento y el equipo de descritos de acuerdo con la invención tienen aplicación en cualquier ámbito de la técnica relacionado con la metrología óptica
15 para la determinación de la topografía tridimensional de orificios microscópicos de configuración troncocónica o similar.

Descrito suficientemente en qué consiste el procedimiento y el equipo de la presente invención en
20 correspondencia con los dibujos adjuntos, se comprenderá que podrán introducirse en el mismo cualquier modificación de detalle que se estime conveniente, siempre y cuando las características esenciales de la invención resumidas en las siguientes reivindicaciones no sean alteradas.

R E I V I N D I C A C I O N E S:

- 1^a- Procedimiento de metrología óptica para la determinación de la topografía tridimensional de un orificio, en particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y similares (13), utilizando medios de iluminación (1) del objeto a analizar (14) y medios de observación (2) de dicho objeto a analizar (14) que incluyen por lo menos una cámara (11), caracterizado en que comprende una etapa inicial en la que se verifica que el plano imagen (z) para dichos medios de iluminación (1) coincide con el plano objeto para los medios de observación (2); comprendiendo, además, las etapas de:
- disponer el objeto a analizar (14) en una platina de microscopio con la zona de mayor diámetro orientada hacia los citados medios de iluminación (1);
 - centrar uno de los orificios (13) del objeto a analizar (14) en el campo de visión de dichos medios de observación (2);
 - enfocar mediante iluminación extensa sobre la zona de menor diámetro del orificio (13) a analizar;
 - medir el diámetro del orificio así como defectos mayores tales como ausencia de orificio o una deformación de grandes dimensiones;
 - modificar el plano de enfoque (z_i) del interior del orificio (13) del objeto (14) cambiándolo a otro plano de enfoque (z_{i+1}),
 - medir el contorno del orificio (13) en el plano de enfoque (z_{i+1}) para determinar la topografía del interior de dicho orificio (13) por medio de la proyección de una secuencia de patrones, realizándose la medida de la posición de los puntos del contorno de dicho orificio (13) en el momento en el que se superponen en el plano de dicha cámara (11) las imágenes del patrón proyectado y de su reflexión en las paredes interiores del citado orificio (13);
 - repetir el proceso anterior un número de planos

($z_1 \dots z_n$) en el interior del orificio (13);

- procesar la información de los contornos medidos en los distintos planos para obtener una representación geométrica tridimensional de la topografía del interior del orificio (13), así como los parámetros característicos del mismo (diámetro máximo y mínimo del orificio (13), inclinación de la pared del orificio (13), desviaciones respecto a la forma nominal, posición del eje del orificio (13), etc.).

10 2ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que dicha secuencia de patrones son patrones circulares de radio determinado y creciente.

15 3ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que la medida de los puntos del contorno en el plano de enfoque (z_1) se realiza mediante un sistema de coordenadas cilíndricas con una resolución de 360-720 puntos medidos a lo largo del contorno del orificio (13).

20 4ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que se adquiere una serie de imágenes comprendida entre 10 y 25 para obtener los puntos medidos del contorno del orificio (13).

 5ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que la distancia entre planos de enfoque (z_i) es de 1 a 10 μm .

25 6ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que la citada modificación del plano de enfoque (z_1) del objeto a analizar (14) cambiándolo a otro plano de enfoque (z_{i+1}) se repite un determinado número veces para obtener valores en otros tantos planos de enfoque (z_n) distintos del orificio (13) del objeto (14), dependiendo dicho número de veces del espesor del objeto a analizar y de los requerimientos de los parámetros de análisis.

35 7ª- Equipo para la determinación de topografías tridimensionales, en particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y similares (13) de

acuerdo con el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado en que comprende medios de iluminación (1), medios de observación (2) y medios de procesamiento informático (3), comprendiendo
5 dichos medios de iluminación (1) un objetivo de microscopio (4) asociado a los medios de iluminación (1), una fuente de luz (5), un sistema de representación de patrones (6), y un sistema óptico (8) asociado a los medios de iluminación (1); y comprendiendo dichos medios de observación (2) un
10 objetivo de microscopio (9) asociado a los medios de observación (2), un sistema óptico (10) asociado a los medios de observación (2), y por lo menos una cámara (11, 18).

8^a- Equipo según la reivindicación 7,
15 caracterizado en que incluye un espejo (7) que desvía un determinado ángulo la luz emitida por dicha fuente de luz (5) hacia el citado sistema óptico (8).

9^a- Equipo según la reivindicación 8,
caracterizado en que el ángulo de desviación de la luz
20 provocada por el espejo (7) es de 90°.

10^a- Equipo según la reivindicación 7,
caracterizado en que el objetivo (4) asociado a los medios de iluminación (1) es un objetivo de aumento 100X SLWD (distancia de trabajo súper larga), mientras que el
25 objetivo (9) asociado a los medios de observación (2) es un objetivo de aumento 50X SLWD (distancia de trabajo súper larga), teniendo la citada cámara (11) un formato de 1/3 de pulgada.

11^a- Equipo según la reivindicación 7,
30 caracterizado en que el citado sistema de representación de patrones (6) está controlado por un ordenador (12) que forma parte de dichos medios de procesamiento informático (3) y permite visualizar tanto una iluminación de campo extensa como generar patrones de configuración circular de
35 distintos diámetros, siendo proyectados dichos patrones por medio del citado objetivo (4) con el citado sistema óptico

(8) en la zona interior del orificio (13) del cuerpo a analizar (14).

12^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicho sistema de representación de patrones es un microvisualizador de cristal líquido (LCD) (6).

13^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicho sistema de representación de patrones es un microvisualizador de cristal líquido sobre silicio (LCOS) (16), incluyendo también dicho equipo un divisor de haz de luz (17).

14^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha fuente de iluminación (5) emite luz con un espectro de banda ancha.

15 15^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha fuente de iluminación (5) es un láser y el patrón en el interior del orificio se genera mediante un escáner.

20 16^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que incluye una cámara adicional (18), incluyendo también dicho equipo un divisor de haz de luz (17').

25 17^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha o dichas cámaras (11, 18) son cámaras CCD.

18^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha o dichas cámaras (11, 18) son cámaras CMOS.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS

[recibidas por la oficina Internacional el 24 de enero de 2005 (24.01.2005);
reivindicaciones 1-18 remplazadas por las reivindicaciones 1-18]

1^a- Procedimiento de metrología óptica para la determinación de la topografía tridimensional de un orificio, en particular para la medición de boquillas
5 micrométricas troncocónicas y similares (13), utilizando medios de iluminación (1) del objeto a analizar (14) y medios de observación (2) de dicho objeto a analizar (14) que incluyen por lo menos una cámara (11), caracterizado en que comprende una etapa inicial en la que se verifica que
10 el plano imagen (z) para dichos medios de iluminación (1) coincide con el plano objeto para los medios de observación (2); comprendiendo, además, las etapas de:

- disponer el objeto a analizar (14) en una platina de microscopio con la zona de mayor diámetro orientada hacia
15 los citados medios de iluminación (1);

- centrar uno de los orificios (13) del objeto a analizar (14) en el campo de visión de dichos medios de observación (2);

- enfocar mediante iluminación extensa sobre la zona
20 de menor diámetro del orificio (13) a analizar;

- medir el diámetro del orificio así como defectos mayores tales como ausencia de orificio o una deformación de grandes dimensiones;

- modificar el plano de enfoque (z_i) del interior del
25 orificio (13) del objeto (14) cambiándolo a otro plano de enfoque (z_{i+1}),

- medir el contorno del orificio (13) en el plano de enfoque (z_{i+1}) para determinar la topografía del interior de dicho orificio (13) por medio de la proyección de una
30 secuencia de patrones, realizándose la medida de la posición de los puntos del contorno de dicho orificio (13) en el momento en el que se superponen en el plano de dicha cámara (11) las imágenes del patrón proyectado y de su

reflexión en las paredes interiores del citado orificio (13);

- repetir el proceso anterior un número de planos ($z_1 \dots z_n$) en el interior del orificio (13);

5 - procesar la información de los contornos medidos en los distintos planos para obtener una representación geométrica tridimensional de la topografía del interior del orificio (13), así como los parámetros característicos del mismo (diámetro máximo y mínimo del orificio (13),
10 inclinación de la pared del orificio (13), desviaciones respecto a la forma nominal, posición del eje del orificio (13), etc.).

2ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que dicha secuencia de patrones son
15 patrones circulares de radio determinado y creciente.

3ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que la medida de los puntos del contorno en el plano de enfoque (z_i) se realiza mediante un sistema de coordenadas cilíndricas con una resolución de 360-720
20 puntos medidos a lo largo del contorno del orificio (13).

4ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que se adquiere una serie de imágenes comprendida entre 10 y 25 para obtener los puntos medidos del contorno del orificio (13).

25 5ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que la distancia entre planos de enfoque (z_i) es de 1 a 10 mm.

6ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que la citada modificación del plano de
30 enfoque (z_i) del objeto a analizar (14) cambiándolo a otro plano de enfoque (z_{i+1}) se repite un determinado número veces para obtener valores en otros tantos planos de enfoque (z_n) distintos del orificio (13) del objeto (14),

dependiendo dicho número de veces del espesor del objeto a analizar y de los requerimientos de los parámetros de análisis.

7^a- Equipo para la determinación de topografías tridimensionales de acuerdo con el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores y en particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y similares (13), estando caracterizado dicho equipo en que comprende medios de iluminación (1), medios de observación (2) y medios de procesamiento informático (3), comprendiendo dichos medios de iluminación (1) un objetivo de microscopio (4) asociado a los medios de iluminación (1), una fuente de luz (5), un sistema de representación de patrones (6), y un sistema óptico (8) asociado a los medios de iluminación (1); y comprendiendo dichos medios de observación (2) un objetivo de microscopio (9) asociado a los medios de observación (2), un sistema óptico (10) asociado a los medios de observación (2), y por lo menos una cámara (11, 18).

8^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que incluye un espejo (7) que desvía un determinado ángulo la luz emitida por dicha fuente de luz (5) hacia el citado sistema óptico (8).

9^a- Equipo según la reivindicación 8, caracterizado en que el ángulo de desviación de la luz provocada por el espejo (7) es de 90°.

10^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que el objetivo (4) asociado a los medios de iluminación (1) es un objetivo de aumento 100X SLWD (distancia de trabajo súper larga), mientras que el objetivo (9) asociado a los medios de observación (2) es un objetivo de aumento 50X SLWD (distancia de trabajo súper larga), teniendo la citada cámara (11) un formato de 1/3 de pulgada.

11^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que el citado sistema de representación de patrones (6) está controlado por un ordenador (12) que forma parte de dichos medios de procesamiento informático (3) y permite
5 visualizar tanto una iluminación de campo extensa como generar patrones de configuración circular de distintos diámetros, siendo proyectados dichos patrones por medio del citado objetivo (4) con el citado sistema óptico (8) en la zona interior del orificio (13) del cuerpo a analizar (14).

10 12^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicho sistema de representación de patrones es un microvisualizador de cristal líquido (LCD) (6).

13^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicho sistema de representación de patrones es un
15 microvisualizador de cristal líquido sobre silicio (LCOS) (16), incluyendo también dicho equipo un divisor de haz de luz (17).

14^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha fuente de iluminación (5) emite luz con un
20 espectro de banda ancha.

15^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha fuente de iluminación (5) es un láser y el patrón en el interior del orificio se genera mediante un escáner.

25 16^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que incluye una cámara adicional (18), incluyendo también dicho equipo un divisor de haz de luz (17').

17^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha o dichas cámaras (11, 18) son cámaras CCD.

30 18^a- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha o dichas cámaras (11, 18) son cámaras CMOS.

FIG. 1

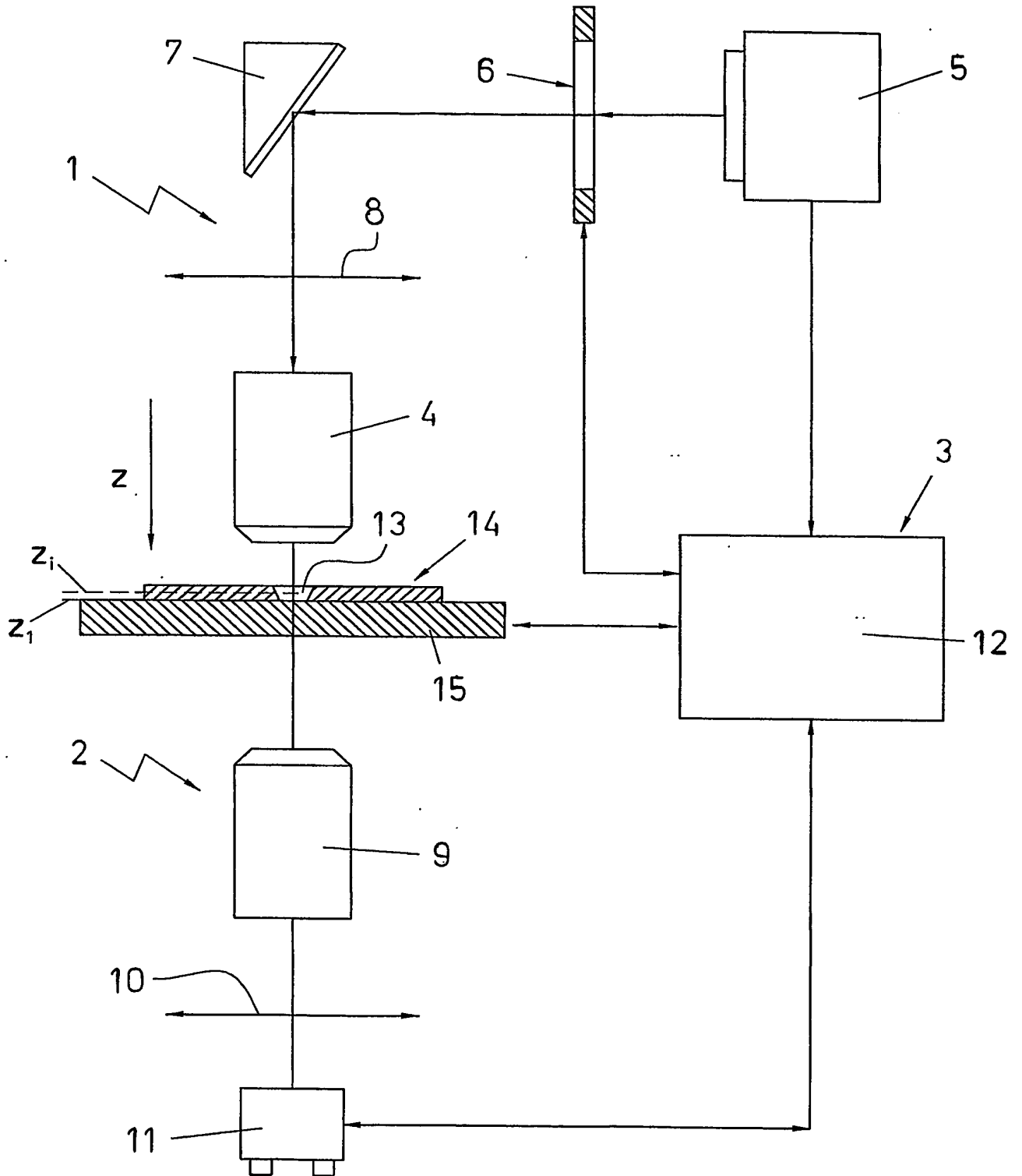
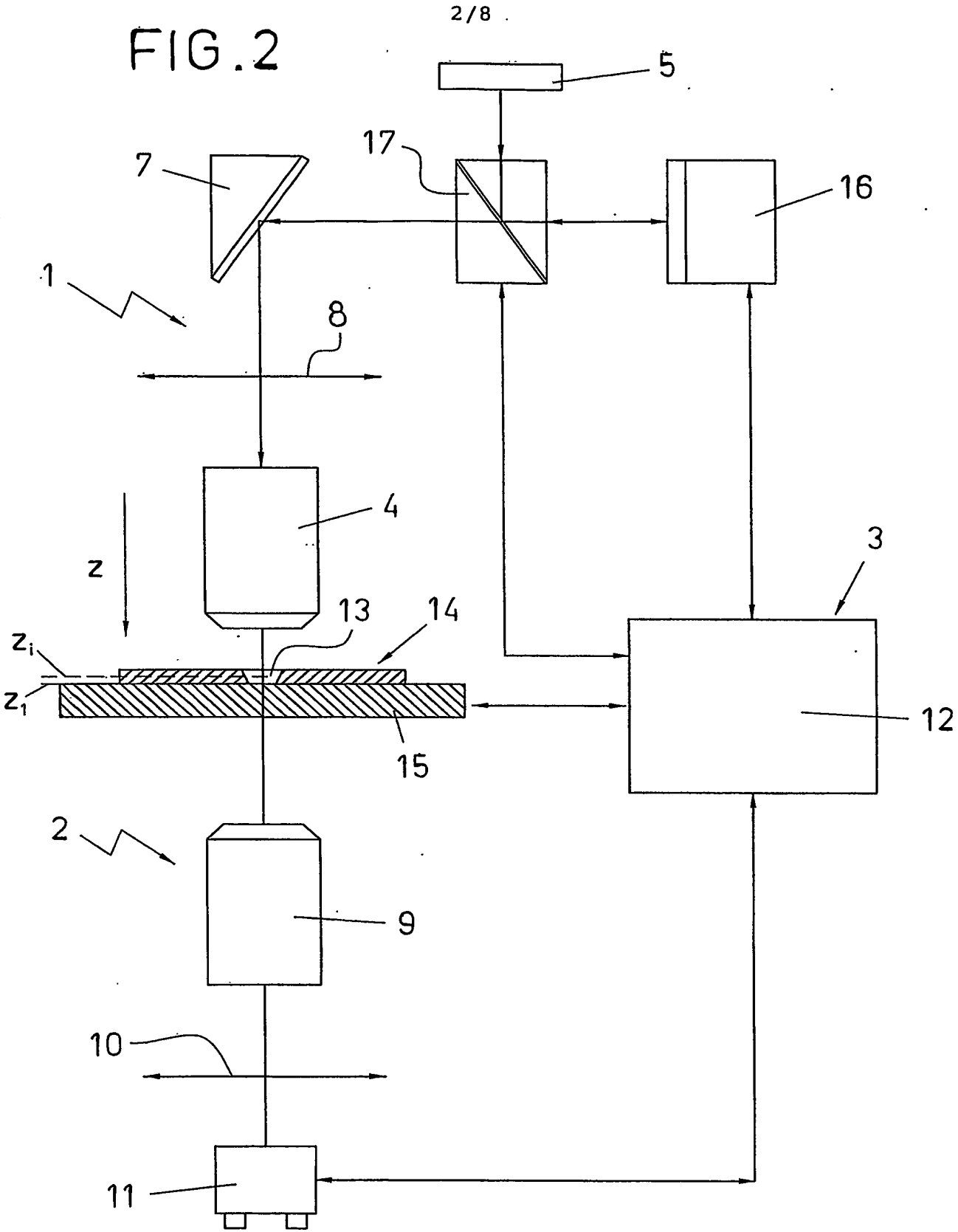


FIG. 2



3/8

FIG. 3

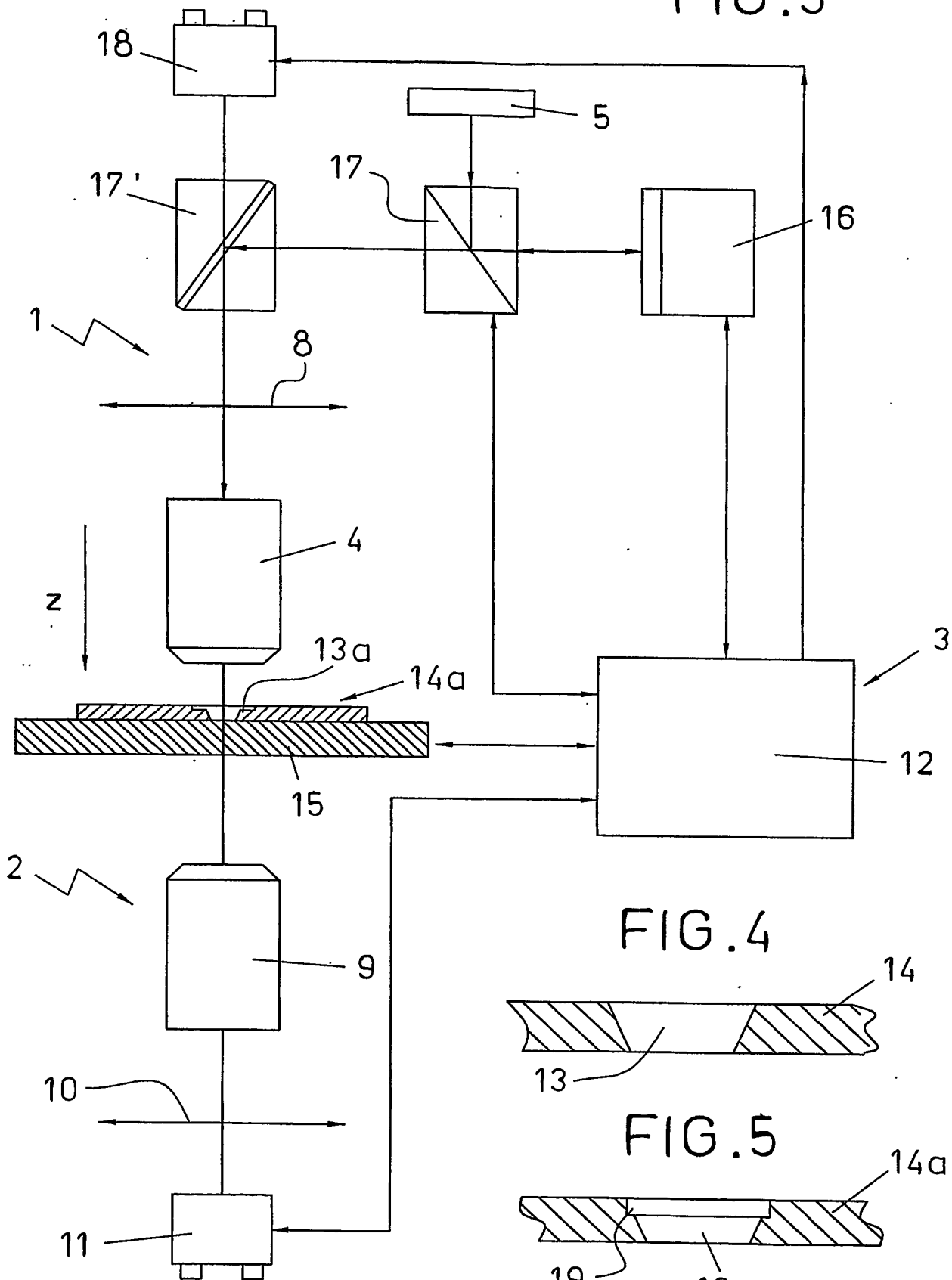


FIG. 6

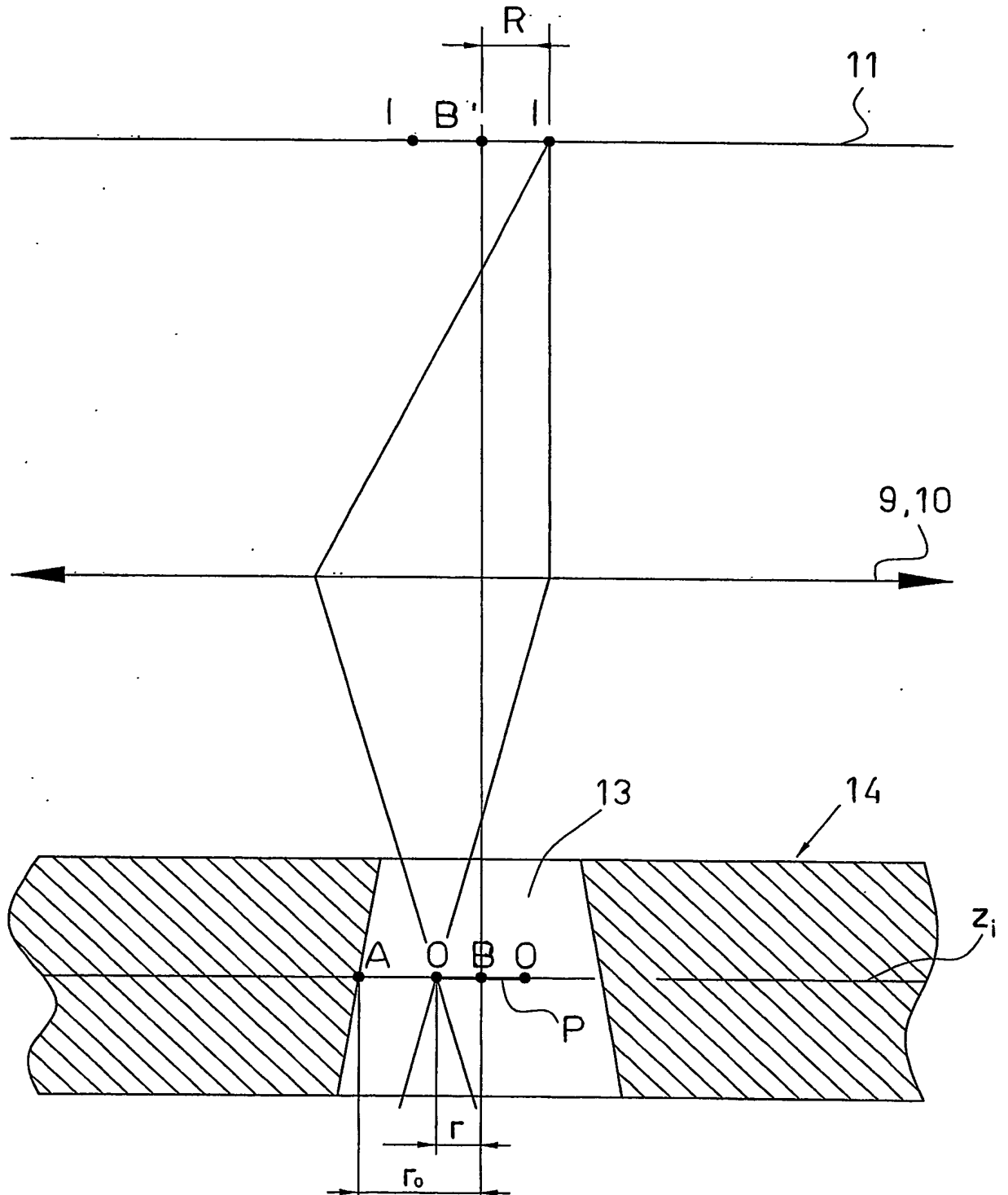


FIG. 7

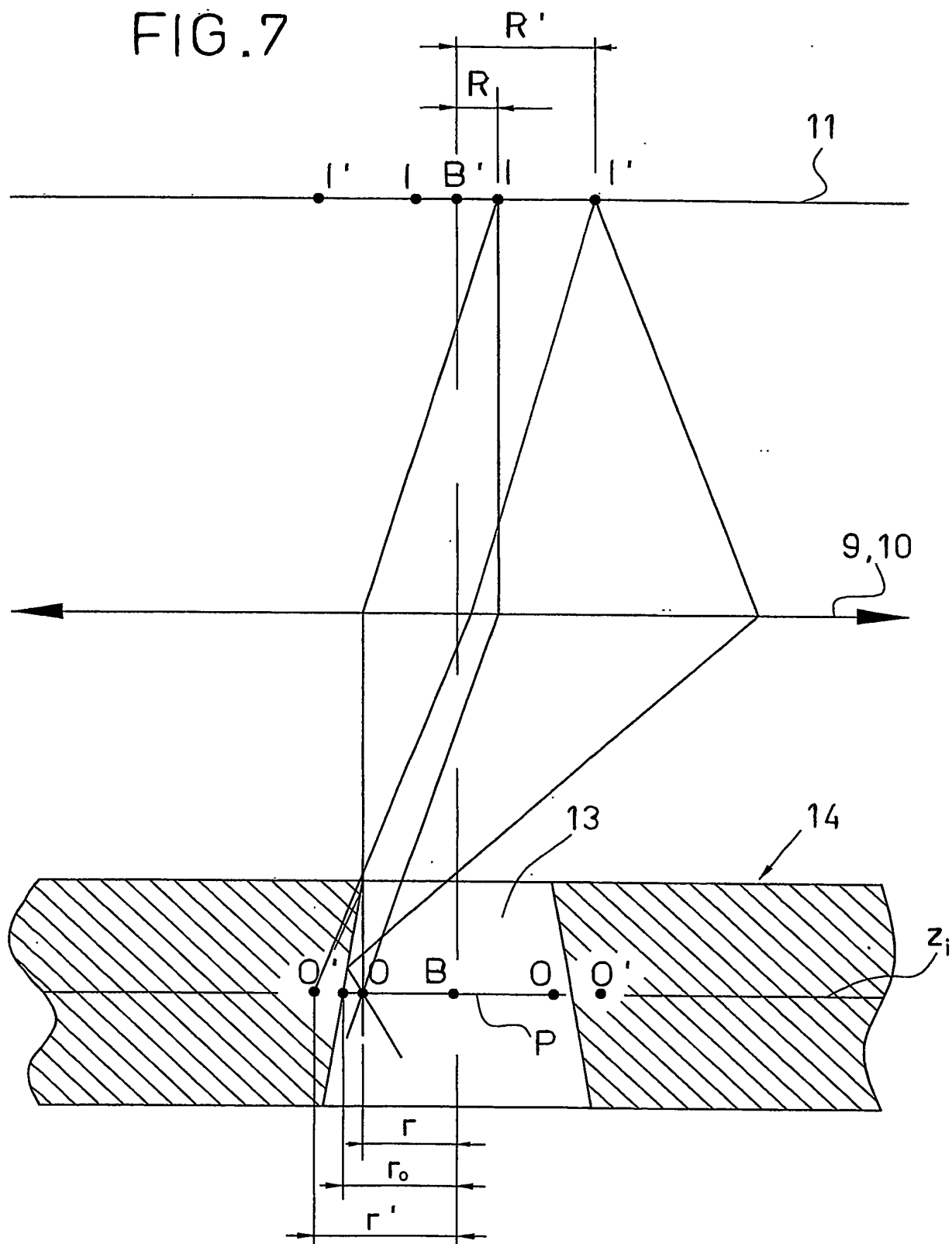


FIG. 8

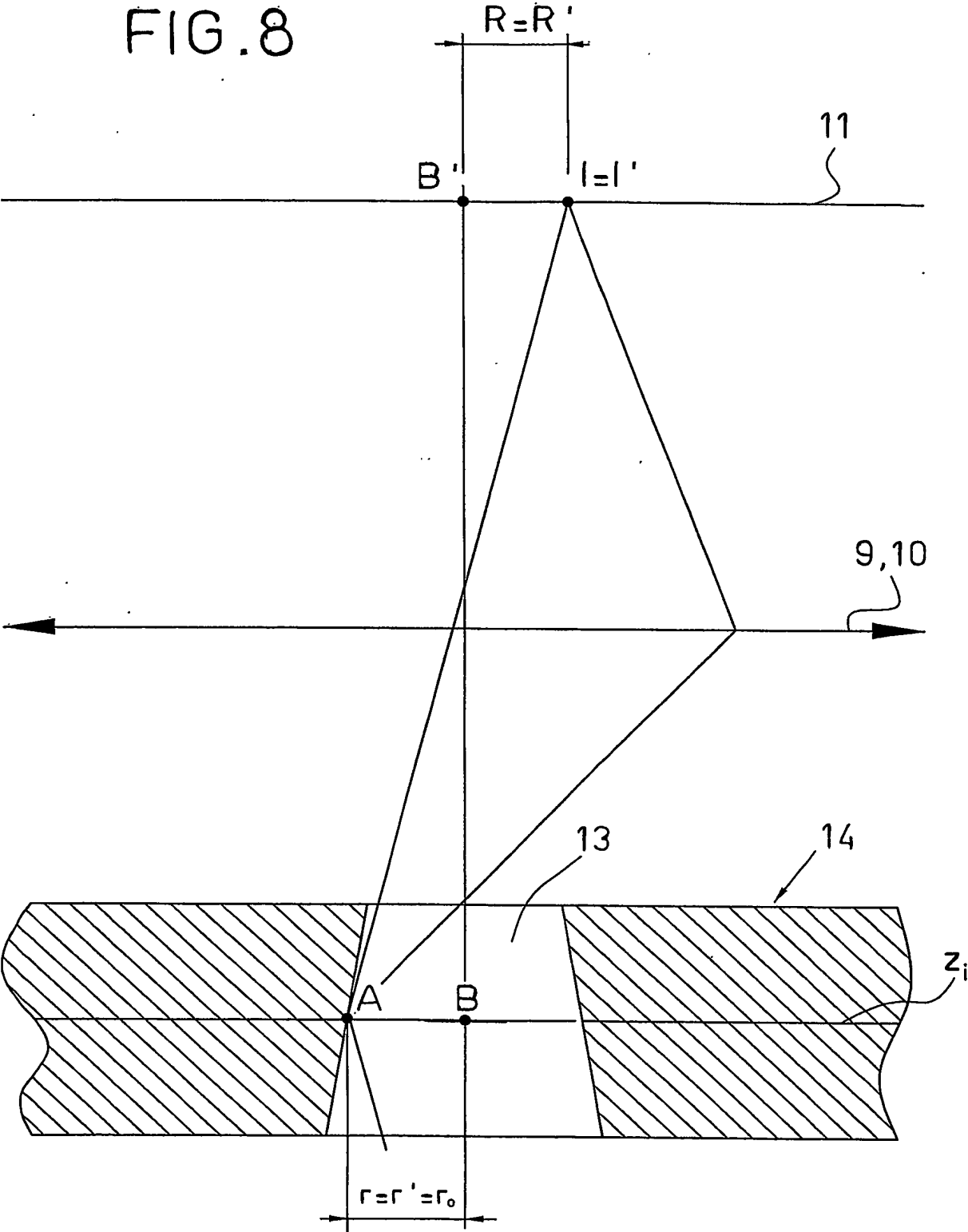


FIG. 9

